

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

04.11.2004

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2 0 0 3 年 1 0 月 2 2 日

出 願 番 号
Application Number: 特 願 2 0 0 3 - 3 6 2 1 3 5
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 3 6 2 1 3 5]

出 願 人
Applicant(s): 株式会社フジクラ

REC'D 26 NOV 2004

WIFO

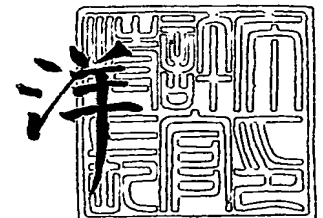
PCT

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 4 年 1 0 月 2 9 日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川



【書類名】 特許願
【整理番号】 20030772
【提出日】 平成15年10月22日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 G01R 31/12
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都江東区木場 1 - 5 - 1 株式会社フジクラ内
 【氏名】 新元 孝
【発明者】
 【住所又は居所】 千葉県佐倉市六崎 1 4 4 0 株式会社フジクラ 佐倉事業所内
 【氏名】 浦辺 裕二
【発明者】
 【住所又は居所】 千葉県佐倉市六崎 1 4 4 0 株式会社フジクラ 佐倉事業所内
 【氏名】 室伏 辰也
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都江東区木場 1 - 5 - 1 株式会社フジクラ内
 【氏名】 小川 達也
【特許出願人】
 【識別番号】 000005186
 【氏名又は名称】 株式会社 フジクラ
 【代表者】 辻川 昭
【代理人】
 【識別番号】 100083806
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 三好 秀和
 【電話番号】 03-3504-3075
【選任した代理人】
 【識別番号】 100068342
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 三好 保男
【選任した代理人】
 【識別番号】 100100712
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 岩▲崎▼ 幸邦
【選任した代理人】
 【識別番号】 100100929
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 川又 澄雄
【選任した代理人】
 【識別番号】 100101247
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 高橋 俊一
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 001982
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9703890

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

商用周波数において -60 dB 以下の減衰量が得られ且つスロープ特性が -5 dB/oct 以下である周波数特性のフィルタ機能を有し、被測定線に流れる電流を検出する電流検出器と、

前記電流検出器により検出された電流に基づく電流信号から低周波成分を除去する第 1 ハイパスフィルタと、

前記第 1 ハイパスフィルタからの電流信号を所定のレベルまで増幅する増幅器と、

前記増幅器で増幅された電流信号から高周波成分を除去するローパスフィルタと、

前記ローパスフィルタからの電流信号から前記被測定線で発生した部分放電による放電電流の周波数成分を抽出する第 2 ハイパスフィルタと、

前記第 2 ハイパスフィルタで抽出された電流信号に基づいて前記被測定線の部分放電の有無を判定する放電判定部と、

を備えることを特徴とする絶縁劣化診断装置。

【請求項 2】

前記電流検出器は、

前記被測定線が挿通されるコアに出力巻線が巻回され、前記出力巻線に流れる電流を検出する変流器であって、商用周波数において -60 dB 以下に減衰し且つスロープ特性が -5 dB/oct 以下である周波数特性のフィルタ機能を有する変流器から構成されることを特徴とする請求項 1 記載の絶縁劣化診断装置。

【請求項 3】

前記電流検出器は、

前記被測定線が挿通されたコアに出力巻線及び 3 次巻線が巻回され、前記出力巻線に流れる電流を検出する変流器と、

前記増幅器からの電流信号を増幅し前記出力巻線の出力の所定の周波数成分を打ち消すように増幅された電流信号を前記 3 次巻線に出力する打消増幅器とを備え、

商用周波数において -60 dB 以下に減衰し且つスロープ特性が -5 dB/oct 以下である周波数特性のフィルタ機能を有するように形成されていることを特徴とする請求項 1 記載の絶縁劣化診断装置。

【請求項 4】

前記第 2 ハイパスフィルタは、遮断周波数が $100\text{ kHz} \sim 200\text{ kHz}$ であり且つスロープ特性が -18 dB/oct 以下である周波数特性を有することを特徴とする請求項 1 記載の絶縁劣化診断装置。

【請求項 5】

前記第 2 ハイパスフィルタの出力を反転させて遅延させる遅延回路を更に備え、

前記遅延回路の出力と前記第 2 ハイパスフィルタの出力とが合成された信号が前記放電判定部に送られることを特徴とする請求項 1 記載の絶縁劣化診断装置。

【請求項 6】

前記放電判定部は、

前記第 2 ハイパスフィルタからの信号の振幅のピークから次のピークまでの絶対値が、外部から設定された範囲内にあるときに部分放電が発生したことを検出する請求項 1 記載の絶縁劣化診断装置。

【請求項 7】

前記放電判定部は、

前記第 2 ハイパスフィルタからの信号の最初のピークから最後のピークまでの時間が、所定時間以下であるときに部分放電が発生したことを検出する請求項 1 記載の絶縁劣化診断装置。

【請求項 8】

前記電流検出器は、少なくとも 3 つの被測定線の各々に設けられ、前記放電判定部は、前記電流検出器に対応して設けられ、

更に、各放電判定部からの電流信号を入力する電流方向判定部を備え、
前記電流方向判定部は、少なくとも3つの電流信号のうち1つの電流信号の方向が他の電流信号の方向と逆である場合に、当該1つの電流信号に対応する被測定線に部分放電が発生したことを判定することを特徴とする請求項1記載の絶縁劣化診断装置。

【書類名】明細書

【発明の名称】絶縁劣化診断装置

【技術分野】

【0001】

本発明は、高圧以上の系統に接続された高圧機器（ケーブル等）の絶縁劣化診断装置に関し、特に、高圧機器の接地線に取り付けたクランプ型の変流器により活線状態（運転中）において測定した接地線電流に基づいて高圧機器の部分放電を検出する技術に関するものである。

【技術背景】

【0002】

従来、電力ケーブルの絶縁劣化を診断する部分放電測定方法が知られている（例えば、特許文献1参照）。図10はこの部分放電測定方法を説明するための図であり、図10（a）は結線図、図10（b）は図10（a）の等価回路図である。ケーブル104は、中間接続部108により接続され、一方の終端接続部103aは、高周波ブロッキングコイル102を介して高電圧電源101に接続され、他方の終端接続部103bは結合コンデンサ105及び検出インピーダンス106に接続されている。検出インピーダンス106の両端には部分放電測定器107が接続されており、検出インピーダンス106の両端に発生する電位差を検出するようになっている。図中の104aはケーブル104の静電容量である。

【0003】

次に、ケーブル104の絶縁体の部分放電を測定するときは、ケーブル104の運転を停止させ、高電圧電源101から試験電圧を印加して部分放電を測定する。このとき、絶縁体から発生した部分放電によって高周波パルスがケーブル104の導体に誘起され、結合コンデンサ105を介して検出インピーダンス107に出力される。この高周波パルスに基づいて検出インピーダンス107の両端に発生するパルス性電圧を部分放電測定器107で検出する。検出されたデータは所定のデータ処理を受け、ケーブル104の絶縁体の劣化診断を行う。

【0004】

部分放電測定器は、例えば同調式部分放電測定器であり、図示しないが、部分放電パルスを一定の周波数の減衰振動波形として検出する同調検出器と、同調検出器の出力を適当なレベルまで減衰する広帯域減衰器と、広帯域減衰器からの信号を、ラジオ放送帯域を避ける必要から400kHzを中心周波数とする同調周波数で同調させて増幅する同調増幅器と、同調増幅器の出力を検波する検波器等とを備えている。

【0005】

また、特許文献2は、配電用高圧架空ケーブル分岐接続体等の高圧機器の絶縁劣化診断方法を開示している。この絶縁劣化診断方法では、図11に示すように、接続体205によって分岐された引込ケーブル206に取り付けられた分離型の変流器201によって検出された高周波電流信号は、アンプ202により増幅された後、スペクトラムアナライザ203によって測定され、コンピュータ204内のメモリに記憶される。コンピュータ204において、メモリに記憶された高周波電流信号の波形パターンと周波数スペクトラムを調べ、接続体205の部分放電の程度を診断している。

【0006】

特に、部分放電が発生しているときは2～6MHz及び6～10MHzの帯域で大きな周波数スペクトラムが観測されるが、一般的な環境ノイズは2～6MHz及び6～10MHzの帯域のスペクトラムは小さいので、部分放電を容易にノイズと識別できる。

【特許文献1】特公平6-7146号公報（第3図）

【特許文献2】特開2000-2743号公報（第1図）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、特許文献1記載の部分放電測定方法にあつては、高圧用のケーブルに結合コンデンサを取り付けなければならない、また、活線中（運転中）の高圧機器に対しては部分放電を測定できない。このため、この部分放電測定方法は、製品出荷時の検査又は製品開発における特性評価のみに限定して使用されている。

【0008】

また、特許文献1記載の部分放電測定方法にあつては、検出インピーダンス107で検出した電圧信号から単一の周波数である400kHzの信号を抽出し、400kHzの信号により部分放電を検出しているため、実態に即していない。また、部分放電測定器は、例えば同調式部分放電測定器であり、回路構成が複雑であった。

【0009】

一方、特許文献2に記載の絶縁劣化診断方法では、活線状態において部分放電を測定できるが、上述したように、2～6MHz及び6～10MHzの帯域で部分放電を検出しているため、実態に即していなかった。

【0010】

また、特許文献2にあつては、高い周波数において部分放電とノイズとを識別するために、スペクトラムアナライザなどの高価な測定器を用いなければならなかった。

【0011】

本発明は、上述した問題を解消するためになされたものであり、その課題は、簡単な構成で且つ安価で精度良く活線状態における高圧機器の部分放電を測定することができる絶縁劣化診断装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0012】

上記課題を達成するために、請求項1の発明は、商用周波数において-60dB以下の減衰量が得られ且つスロープ特性が-5dB/oct以下である周波数特性のフィルタ機能を有し、被測定線に流れる電流を検出する電流検出器と、電流検出器により検出された測定線電流に基づく電流信号から低周波成分を除去する第1ハイパスフィルタと、第1ハイパスフィルタからの電流信号を所定のレベルまで増幅する増幅器と、増幅器で増幅された電流信号から高周波成分を除去するローパスフィルタと、ローパスフィルタからの電流信号から被測定線で発生した部分放電による放電電流の周波数成分を抽出する第2ハイパスフィルタと、第2ハイパスフィルタで抽出された電流信号に基づいて被測定線の部分放電の有無を判定する放電判定部とを備えることを特徴とする。

【0013】

請求項2の発明は、請求項1記載の発明において、電流検出器は、被測定線が挿通されるコアに出力巻線が巻回され、出力巻線に流れる電流を検出する変流器であつて、商用周波数において-60dB以下に減衰し且つスロープ特性が-5dB/oct以下である周波数特性のフィルタ機能を有する変流器から構成されることを特徴とする。

【0014】

請求項3の発明は、請求項1記載の発明において、電流検出器は、被測定線が挿通されたコアに出力巻線及び3次巻線が巻回され、出力巻線に流れる電流を検出する変流器と、増幅器からの電流信号を増幅し出力巻線の出力の所定の周波数成分を打ち消すように増幅された電流信号を3次巻線に出力する打消増幅器とを備え、商用周波数において-60dB以下に減衰し且つスロープ特性が-5dB/oct以下である周波数特性のフィルタ機能を有するように形成されていることを特徴とする。

【0015】

請求項4の発明は、請求項1記載の発明において、第2ハイパスフィルタは、遮断周波数が100kHz～200kHzであり且つスロープ特性が-18dB/oct以下である周波数特性を有することを特徴とする。

【0016】

請求項5の発明は、請求項1記載の発明において、第2ハイパスフィルタの出力を反転させて遅延させる遅延回路を更に備え、遅延回路の出力と第2ハイパスフィルタの出力と

が合成された信号が放電判定部に送られることを特徴とする。

【0017】

請求項6の発明は、請求項1記載の発明において、放電判定部は、第2ハイパスフィルタからの信号の振幅のピークから次のピークまでの絶対値が、外部から設定された範囲内にあるときに部分放電が発生したことを検出することを特徴とする。

【0018】

請求項7の発明は、請求項1記載の発明において、前記放電判定部は、前記第2ハイパスフィルタからの信号の最初のピークから最後のピークまでの時間が、所定時間以下であるときに部分放電が発生したことを検出することを特徴とする。

【0019】

請求項8の発明は、請求項1記載の発明において、前記電流検出器は、少なくとも3つの被測定線の各々に設けられ、前記放電判定部は、前記電流検出器に対応して設けられ、更に、各放電判定部からの電流信号を入力する電流方向判定部を備え、前記電流方向判定部は、少なくとも3つの電流信号のうち1つの電流信号の方向が他の電流信号の方向と逆である場合に、当該1つの電流信号に対応する被測定線に部分放電が発生したことを判定することを特徴とする。

【発明の効果】

【0020】

請求項1の発明によれば、電流検出器に、商用周波数において -60 dB 以下の減衰量が得られ且つスロープ特性が -5 dB/oct 以下である周波数特性のフィルタ機能を持たせたので、被測定線に流れる商用周波数の充電電流を除去するためのフィルタは不要になり、簡単な構成で且つ安価で精度よく活線状態における被測定線の部分放電を測定できる絶縁劣化診断装置を提供できる。

【0021】

請求項2の発明によれば、電流検出器を、被測定線が挿通されるコアに出力巻線が巻回され、出力巻線に流れる電流を検出する変流器であって、商用周波数において -60 dB 以下に減衰し且つスロープ特性が -5 dB/oct 以下である周波数特性のフィルタ機能を有する変流器から構成したので、被測定線に大きな充電電流が流れることに起因する変流器の磁気飽和を回避することができ、簡単な構成で且つ安価で精度良く活線状態における被測定線の部分放電を測定できる。

【0022】

請求項3の発明によれば、電流検出器は、被測定線が挿通されたコアに出力巻線及び3次巻線が巻回され、出力巻線に流れる電流を検出する変流器と、増幅器からの電流信号を増幅し出力巻線の出力の所定の周波数成分を打ち消すように増幅された電流信号を3次巻線に出力する打消増幅器とを備え、商用周波数において -60 dB 以下に減衰し且つスロープ特性が -5 dB/oct 以下である周波数特性のフィルタ機能を有するように構成したので、変流器自体は周波数特性を有する必要がない。従って、従来から使用されている周波数特性を有する変流器を用いて被測定線に大きな充電電流が流れることに起因する変流器の磁気飽和を回避することができるので、簡単な構成で且つ安価で精度良く活線状態における被測定線の部分放電を測定できる。

【0023】

請求項4の発明によれば、第2ハイパスフィルタは、遮断周波数が $100\text{ kHz} \sim 200\text{ kHz}$ であり且つスロープ特性が -18 dB/oct 以下である周波数特性を有するので、低周波成分による信号の揺れを排除することができ、活線状態における被測定線の部分放電を精度良く測定できる。

【0024】

請求項5の発明によれば、第2ハイパスフィルタの出力を反転させて遅延させた信号と第2ハイパスフィルタの出力とを合成して放電判定部に送るように構成したので、ノイズとして信号中に出現する大きな振幅の部分は打ち消される。従って、活線状態における被測定線の部分放電に起因する信号を簡単に取り出すことができるので、測定精度を向上さ

せることができる。

【0025】

請求項6の発明によれば、第2ハイパスフィルタからの信号の振幅のピークから次のピークまでの絶対値が、外部から設定された範囲内にあるときに部分放電が発生した旨が判断されるので、被測定線の部分放電に起因する信号でない振幅の大きい信号を容易に除去できる。従って、活線状態における被測定線の部分放電を効率よく測定できる。

【0026】

請求項7の発明によれば、第2ハイパスフィルタからの信号の最初のピークから最後のピークまでの時間が、所定時間以下であるときに部分放電が発生したことが判定されるので、被測定線の部分放電に起因する信号でない信号を容易に除去できる。従って、活線状態における被測定線の部分放電を効率良く測定できる。

【0027】

請求項8の発明によれば、少なくとも3つの被測定線の各々に流れる電流信号のうち1つの電流信号の方向が他の電流信号の方向と逆である場合に、当該1つの電流信号に対応する被測定線に部分放電が発生したことを判定するようにしたので、部分放電が発生した被測定線の特정이容易になる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0028】

以下、本発明の絶縁劣化診断装置の実施例を図面を参照しながら詳細に説明する。

【0029】

まず、本発明者らは、高圧機器の一例である電力ケーブル（以下、単に「ケーブル」と称する）において検出される部分放電の電荷量は約500 pC以下であり、約10～200 pCが支配的であって、100 kHz～400 kHz程度を主な周波数成分とするパルス波形として出現することを見出した。

【0030】

そこで、本発明では、100 kHz～400 kHz程度を主な周波数成分とするパルス波形のみを抽出することによりノイズを除去し、高調波等の影響を受けることなく部分放電波形をほぼ原波形のまま忠実に取り出して放電電流とノイズとを識別し、ケーブルの絶縁劣化を診断することを特徴とする。

【実施例1】

【0031】

図1は本発明の実施例1に係る絶縁劣化診断装置の構成を示す図である。図1において、高圧機器の一例であるケーブル1の端部には終端接続部2が取り付けられている。ケーブル1の終端部の外周上の銅テープ等の遮蔽層には接地線5の一端が接続され、接地線5の他端は接地されている。接地線5は、本発明の被測定線に対応する。この接地線5は、例えばIV線からなり、このIV線は銅撚り線とこの銅撚り線を取り囲むように配置された0.8 mm厚のPVCからなる。

【0032】

接地線5はクランプ形の変流器（CT）7aの環状のコア8の中空部を貫通するように配置されており、コア8には出力巻線9aが巻回されている。変流器7aは、本発明の電流検出器に対応する。出力巻線9aには、接地線5に流れる電流に比例した接地線電流が流れる。

【0033】

変流器7aは、図2の特性線T1にその周波数特性を示すように、商用周波数（50 Hz又は60 Hz）において-60 dB以下に減衰し、且つスロープ特性が-5 dB/oct（オクターブ）以下である周波数特性を有し、変流器7a自体が低周波数成分を除去するハイパスフィルタとしての機能を備えている。このため、変流器7aは、例えばフェライトコアに出力巻線（2次巻線）9aが10ターン巻回され、出力巻線9aの両端には2次巻線負荷抵抗14（例えば100 Ω）が接続されている。

【0034】

さらに、絶縁劣化診断装置は、抵抗 13、第 1 増幅器 15、第 1 ハイパスフィルタ (H P F) 17、第 2 増幅器 19、ローパスフィルタ (L P F) 20、第 2 ハイパスフィルタ (H P F) 21、遅延回路 22 及び放電判定部 30 を備えている。

【0035】

第 1 増幅器 15 は、出力巻線 9 a からの電流が抵抗 13 に流れることにより抵抗 13 の両端に発生した電圧を 10 倍程度に増幅する。この第 1 増幅器 15 で増幅することにより得られた信号は第 1 ハイパスフィルタ 17 に送られる。

【0036】

第 1 ハイパスフィルタ 17 は、第 1 増幅器 15 から送られてきた信号から遮断周波数以下の周波数成分を除去する。第 1 ハイパスフィルタ 17 の遮断周波数は、10 k H z 程度である。この第 1 ハイパスフィルタ 17 で低周波成分が除去された信号は、第 2 増幅器 19 に送られる。

【0037】

第 2 増幅器 19 は、第 1 ハイパスフィルタ 17 から送られてきた信号を 100 倍程度に増幅する。この第 2 増幅器 19 で増幅された信号はローパスフィルタ 20 に送られる。

【0038】

ローパスフィルタ 20 は、第 2 増幅器 19 から送られてきた信号から遮断周波数以上の周波数成分を除去する。ローパスフィルタ 20 の遮断周波数は、300 k H z ～ 500 k H z 程度である。このローパスフィルタ 20 で高周波成分が除去された信号は、第 2 ハイパスフィルタ 21 に送られる。

【0039】

図 3 は上述したフィルタ機能を有する変流器 7 a、遮断周波数 10 k H z の第 1 ハイパスフィルタ 17 及び遮断周波数 500 k H z のローパスフィルタ 20 を合成してなる第 1 段フィルタの周波数特性を示す図である。

【0040】

第 2 ハイパスフィルタ 21 は、ローパスフィルタ 20 から送られてくる信号から遮断周波数以下の周波数成分を除去する。第 2 ハイパスフィルタ 21 の遮断周波数は、100 k H z ～ 200 k H z 程度である。この第 2 ハイパスフィルタ 21 を通過した信号は、放電判定部 30 に送られる。

【0041】

遅延回路 22 は、実施例 1 で必須の構成要素ではなく、オプションである。この遅延回路 22 は、反転増幅器 23 と遅延素子 (D L Y) 24 とから構成されており、アクティブフィルタ的効果により部分放電に基づく信号波形を出力する機能を有する。

【0042】

反転増幅器 23 は、ハイパスフィルタ 21 から送られてくる信号を反転して、遅延素子 24 に送る。遅延素子 24 は、反転増幅器 23 からの信号を微少時間 (例えば、0.5 μ s) だけ遅延させて出力する。この遅延素子 24 の出力は、ハイパスフィルタ 21 の出力と合成されて放電判定部 30 に送られる。これにより、ハイパスフィルタ 21 から送られてくる信号中に存在する大きな振幅のノイズ信号は略打ち消されて波形歪みの少ない信号として放電判定部 30 に送られることになる。

【0043】

図 4 は遮断周波数 100 k H z の第 2 ハイパスフィルタ 21 とアクティブフィルタ的効果を有する遅延回路 22 とを合成してなる第 2 段フィルタの周波数特性を示す図であり、-18 d B / o c t のスロープ特性を有するフィルタが実現されている。

【0044】

放電判定部 30 は、第 2 ハイパスフィルタ 21 から送られてくる信号に基づいてケーブル 1 における部分放電の有無を判定する放電判定処理を実行する。放電判定処理では、第 2 ハイパスフィルタ 21 から送られてくる信号のピーク数、p - p 時間及び p - p 値を検出し、その信号がケーブル 1 の部分放電に基づく信号であるかどうかを判定する。この放電判定処理の詳細は後述する。この放電判定部 30 は、本発明の放電判定部に対応する。

【0045】

次に、このように構成された実施例1に係る絶縁劣化診断装置の動作を図面を参照しながら説明する。

【0046】

まず、活線状態においてケーブル1には充電電流が流れる。この充電電流は、商用周波数(50Hz又は60Hz)の電流である。この活線状態においては、接地線5には充電電流が流れる。

【0047】

ここで、ケーブル1に部分放電が発生すると、接地線5には、部分放電による放電電流が充電電流に重畳されて流れる。このため、変流器7aの出力巻線9aにも充電電流に放電電流が重畳されて流れる。商用周波数の充電電流は、変流器7aのフィルタ機能により除去される。従って、変流器7aからは商用周波数成分等が除去された放電電流が出力される。

【0048】

次に、第1増幅器15は、変流器7aの出力巻線9aからの信号を10倍程度に増幅し、第1ハイパスフィルタ17に送る。第1ハイパスフィルタ17は、10kHz程度以下の周波数成分を除去し、第2増幅器19に送る。第2増幅器19は、第1ハイパスフィルタ17からの信号を100倍程度に増幅し、ローパスフィルタ20に送る。

【0049】

ローパスフィルタ20は、500kHz程度以上の周波数成分を除去し、第2ハイパスフィルタ21に送る。このローパスフィルタ20から出力される信号(点TP1における信号)の波形の一例を図5(a)及び図5(c)に示す。点TP1における信号は、図5(a)、(c)に示すように、数十kHzの周波数成分を含む。図5(c)は、図5(a)の一部を、時間スケールを拡大して示している。丸印部分Aで示す波形の上部付近に存在する凹部が部分放電に基づく放電電流の波形である。従って、この放電電流の波形を検出するためには、点TP1における信号から数十kHzの周波数成分を除去する必要がある。

【0050】

ここで、図6(a)に示すようなローパスフィルタ20の入力、即ち、部分放電による放電電流の波形をスペクトラムアナライザを用いて周波数分析すると、図6(b)に示すような周波数スペクトラムとなる。この周波数スペクトラムからわかるように、部分放電による放電電流の周波数成分は、100kHz～400kHz程度である。従って、ローパスフィルタ20の遮断周波数は500kHz程度とすることが好ましいことがわかる。

【0051】

第2ハイパスフィルタ21は、100kHz程度以下の周波数成分を除去し、放電判定部30に送る。この第2ハイパスフィルタ21から出力される信号(点TP2における信号)の波形の一例を図5(b)及び図5(d)に示す。点TP2における信号は、図5(b)に示すように、点TP1における信号から数十kHzの周波数成分が除去された信号である。図5(d)は、図5(b)の一部を、時間スケールを拡大して示している。部分放電に基づく放電電流の波形の前後は略平坦になっている。これにより、後段の放電判定部30における放電判定処理が容易になる。

【0052】

また、必要により第2ハイパスフィルタの後に、300kHz～500kHzの遮断周波数の第2ローパスフィルタ、更に必要により100kHz～200kHzの遮断周波数の第3ハイパスフィルタ及び300kHz～500kHzの遮断周波数の第3ローパスフィルタを追加してノイズ除去を行っても良い。

【0053】

放電判定部30は、第2ハイパスフィルタ21から送られてくるアナログ信号を、例えば0.1～0.2μsでサンプリングしてデジタル信号に変換する。そして、このサンプリングにより得られたデジタル信号に対して放電判定処理を実行する。

【0054】

放電判定処理に先立って、まず、放電判定部30は、第2ハイパスフィルタ21から送られてくる信号のp-p値（一方の極のピークから次の他方の極のピークまでの絶対値）が、外部から予め設定された上限値と下限値との間に含まれるかどうかを判定する。上限値と下限値との差の絶対値は、例えば20～200mVである。

【0055】

ここで、第2ハイパスフィルタ21から送られてくる信号が上限値と下限値との間に含まれていないと判定された場合には、ケーブル1の部分放電に起因する信号でないものと認識され、放電判定処理は終了する。

【0056】

一方、第2ハイパスフィルタ21から送られてくる信号が上限値と下限値との間に含まれると判定された場合には、それをトリガとして、放電判定処理が開始される。従って、他のノイズに起因する振幅の大きい信号は、この時点で処理対象から除外されるので、無駄な処理が実行されることはない。その結果、活線状態におけるケーブル1の部分放電を効率良く測定できる。

【0057】

放電判定処理では、まず、放電判定部30は、第2ハイパスフィルタ21から送られてくる信号の最初のピークから最後のピークまでの時間（p-p時間）が所定時間、例えば20μs以下であるかどうかを判定する。ここで、p-p時間が所定時間より大きいと判定された場合には、ケーブル1の部分放電に起因する信号でないものと認識され、放電判定処理は終了する。

【0058】

本発明者らは、ケーブル1の部分放電に基づく放電電流の波形は、幾つかのピークを有し、短時間で収束する振動波形であることを見出した。従って、p-p時間が所定時間より大きい場合は、ノイズに起因する波形であると判断することができる。

【0059】

一方、p-p時間が所定時間以下であると判定された場合には、単位時間内に放電判定処理のトリガがかけられた回数がカウンタでカウントされる。そして、その回数が所定値以上、例えば5回以上の場合には、部分放電が発生した旨が判定され、その旨が外部に出力される。一方、カウンタでカウントされた回数が、所定値未満の場合にはノイズと判定され、放電判定処理は終了する。

【0060】

このように実施例1に係る絶縁劣化診断装置によれば、電流検出器として、商用周波数において-60dB以下の減衰量が得られ且つスロープ特性が-5dB/oct以下である周波数特性のフィルタ機能を有する変流器を用いたので、ケーブル1に流れる商用周波数の充電電流を除去するためのフィルタは不要になる。

また、従来のような結合コンデンサやスペクトラムアナライザ等が不要になり、また、活線状態において接地線5を切断しないで部分放電を測定できる。即ち、簡単な構成で且つ安価で精度良く活線状態におけるケーブル1の部分放電を測定することができる。

【0061】

また、ケーブル1から検出される部分放電は、100kHz～400kHz程度を主周波数成分とするパルス波形の放電であるので、第2ハイパスフィルタ21の遮断周波数を100kHz程度とし、ローパスフィルタ20の遮断周波数を500kHz程度とすることで、部分放電に基づく信号を取り出し且つノイズ成分を除去できるため、高調波等の影響を受けることなく部分放電の波形をほぼ原波形のまま忠実に取り出すことができる。

【0062】

また、第2ハイパスフィルタ21から送られてくる信号が上限値と下限値との間に含まれる場合に放電判定処理を開始し、p-p時間が例えば20μs以下である場合にのみ部分放電に起因する信号であることを判断するようにしたので、部分放電に基づく電流とノイズに基づく電流とを確実に弁別できる。

【0063】

また、部分放電は一旦発生すると、ある程度の時間持続するため、所定時間（単位時間）に発生した部分放電の回数、つまり放電判定処理がトリガされた回数をカウントすることで、部分放電を開閉サージ等の突発性ノイズと弁別できる。

【0064】

また、変流器 7a の出力信号及び第 1 ハイパスフィルタ 17 の出力信号をそれぞれ第 1 増幅器 15 及び第 2 増幅器 19 で増幅し、最終的には合計で 1000 倍程度以上に増幅しているため、微小放電電荷量（1 pC）以下の部分放電でも高感度で検出できる。

【0065】

また、本絶縁劣化診断装置は、高圧から特別高圧の各種機器の絶縁性能評価・絶縁診断・絶縁監視に適用できる。また、本絶縁劣化診断装置は、開発における特性評価試験、出荷時の製品検査、運転中機器の絶縁診断・監視に使用できる。また、機器の接地線に変流器 7a を取り付け、接地線電流を計測するので、機器の改造を必要とせずに測定できる。

【0066】

また、本絶縁劣化診断装置の出力を、放電劣化が開始する前の部分放電のパターン、各種劣化部で発生する部分放電のパターン、放電劣化が進行しつつある施工不良欠陥部での部分放電のパターン、銅テープ破断時の放電パターン等と照合することにより、部分放電の発生要因を特定できる。

【実施例 2】

【0067】

次に、本発明の実施例 2 に係る絶縁劣化診断装置を説明する。実施例 2 に係る絶縁劣化診断装置は、本発明の電流検出器を、3 次巻線を備えた変流器と打消増幅器とから構成したものである。

【0068】

即ち、上述した実施例 1 に係る絶縁劣化診断装置では、本発明の電流検出器として、商用周波数において -60 dB 以下の減衰量が得られ且つスロープ特性が -5 dB/oct 以下である周波数特性のフィルタ機能を有する変流器 7a が使用されているが、これと同等の機能を、現在一般的に使用されている変流器を用いて実現するものである。

【0069】

現在の変流器を用いて実施例 1 のような絶縁劣化診断装置を構成した場合、接地線 5 に比較的大きな電流が流れると、変流器のコアや増幅器が飽和してしまう。このため、接地線 5 に流れる部分放電に基づく放電電流も飽和してしまうため、後段の第 1 ハイパスフィルタ 17、ローパスフィルタ 20 及び第 2 ハイパスフィルタ 21 を用いて信号処理を行っても放電電流を良好に検出することができない。

【0070】

そこで、実施例 2 に係る絶縁劣化診断装置では、商用周波数から 10 kHz 程度までの低周波数成分を変流器の出力段階で除去するフィルタ機能を変流器に持たせることにより、変流器のコアや増幅器を飽和させずに、接地線に流れる部分放電電流を正確に検出したことを特徴とする。

【0071】

図 7 は本発明の実施例 2 に係る絶縁劣化診断装置の構成を示す図である。この絶縁劣化診断装置は、実施例 1 に係る絶縁劣化診断装置（図 1 参照）における変流器 7a の代わりに、コア 8 に巻回された出力巻線 9a の他に更に 3 次巻線 9b を備えた変流器 7b を使用し、更に、打消増幅器 25 が追加されて構成されている。変流器 7b は、例えばパーマロイコアに出力巻線（2 次巻線）9a が 200 ターン巻回され、出力巻線 9a の両端には 2 次巻線負荷抵抗 14（例えば 200 Ω）が接続されている。

【0072】

なお、図 7 に示すその他の構成は、図 1 に示した実施例 1 の構成と同一であり、同一部分には同一符号を付し、その詳細な説明は省略する。

【0073】

この絶縁劣化診断装置において、変流器 7 b は、接地線 5 がコア 8 に挿通し出力巻線 9 a と 3 次巻線 9 b とがコア 8 に巻回されており、出力巻線 9 a から接地線電流を検出する。第 1 増幅器 1 5 は、変流器 7 b の出力巻線 9 a により検出された接地線電流に基づく電流信号を略 10 倍に増幅する。打消増幅器 2 5 は、第 1 増幅器 1 5 からの電流信号を増幅して出力巻線 9 a の出力の低周波数成分を打ち消すように増幅された電流信号を 3 次巻線 9 b に出力する。

【0074】

以上の構成により、3 次巻線 9 b と打消増幅器 2 5 とで低周波成分を除去するハイパスフィルタ機能が実現されている。3 次巻線 9 b 及び打消増幅器 2 5 により形成されるハイパスフィルタの遮断周波数は、商用周波数～10 kHz である。

【0075】

次に、このように構成された実施例 2 に係る絶縁劣化診断装置の動作を説明する。接地線 5 に比較的大きな電流が流れると、出力巻線 9 a に電圧が発生するとともに、3 次巻線 9 b にも電圧が発生する。

【0076】

そして、変流器 7 b により検出された接地線電流に基づく電流信号は第 1 増幅器 1 5 で増幅される。この第 1 増幅器 1 5 で増幅された電流信号は、打消増幅器 2 5 で更に増幅されて 3 次巻線 9 b に供給される。これにより、3 次巻線 9 b が出力巻線 9 a の出力の商用周波数～10 kHz の低周波数成分を打ち消すように動作する。

【0077】

このように構成される変流器 7 b は、図 2 の特性線 T 2 にその周波数特性を示すように、商用周波数において -60 dB 以下に減衰し、且つスロープ特性が -6 dB/oct 以下である周波数特性を有するハイパスフィルタとして機能する。

【0078】

図 8 は実施例 1 に係る絶縁劣化診断装置の第 1 段フィルタの周波数特性 T 1 1、実施例 2 に係る絶縁劣化診断装置の第 1 段フィルタの周波数特性 T 1 2、並びに実施例 1 及び実施例 2 に係る絶縁劣化診断装置の第 2 段フィルタの周波数特性 T 1 3 を示す。図 8 からわかるように、周波数特性 T 1 1 と周波数特性 T 1 2 とは略同様の特性を示している。

【0079】

以上説明したように、実施例 2 に係る絶縁劣化診断装置によれば、商用周波数～10 kHz 以下の低周波数成分を除去する機能を、現在の変流器に 3 次巻線 9 b を巻回した変流器 7 b と 3 次巻線 9 b に信号を供給する打消増幅器 2 5 とで構成したので、現在の変流器を用いて、実施例 1 に係る絶縁劣化診断装置と同等の機能を実現することができる。

【実施例 3】

【0080】

次に、本発明の実施例 3 に係る絶縁劣化診断装置を説明する。実施例 3 に係る絶縁劣化診断装置は、複数の変流器を用いて部分放電が発生したケーブルを特定するように構成したことを特徴とする。

【0081】

実施例 3 に係る絶縁劣化診断装置の構成は、複数の変流器を備えている点を除いて実施例 1 又は実施例 2 に係る絶縁劣化診断装置の構成と同じであり、放電判定部 30 で実行される処理が異なる。

【0082】

実施例 3 に係る絶縁劣化診断装置では、図 9 に示すように、少なくとも 3 本のケーブル 1 a, 1 b 及び 1 c が用いられ、各ケーブル 1 a, 1 b 及び 1 c の接地線 5 は、共通に接地されるとともに、接地線 5 の各々には変流器 7 が取り付けられる。変流器 7 の後段は、図示していないが、実施例 1 (図 1 参照) 又は実施例 2 (図 7 参照) で説明した絶縁劣化診断装置が接続される。このため、放電判定部 30 は、3 台の絶縁劣化診断装置に対応して 3 つ設けられる。

【0083】

今、ケーブル 1 a で部分放電が発生したとすると、ケーブル 1 a における放電電流は矢印 A の方向に流れる。この場合、各ケーブル 1 a ~ 1 c の接地線 5 は共通に接地されているので、ケーブル 1 b 及びケーブル 1 c における放電電流は、略同じタイミングで、矢印 A とは逆方向の矢印 B 及び C の方向にそれぞれ流れる。

【0084】

各絶縁劣化診断装置に有する放電判定部からの信号をマイクロコンピュータ、パソコン、オシロスコープ（本発明の電流方向判定部に対応）等に入力し、このオシロスコープは、入力した各信号が同じタイミングで発生していることを判断し、1つの信号の位相が他の2つの信号の位相と逆になっている場合には、その位相が逆になっている信号が発生した変流器が接続されているケーブル（図9に示した例ではケーブル 1 a）に部分放電が発生したものと判定する。なお、全ての信号の位相が同じである場合は、更に他のケーブルで部分放電が発生したものと判定される。

【0085】

以上説明したように、本発明の実施例3に係る絶縁劣化診断装置によれば、部分放電が発生したケーブルを容易に特定することができる。

【0086】

なお、上述した実施例1～実施例3では、絶縁劣化診断装置は、ケーブル1の接地線5に流れる電流を変流器で検出するように構成したが、ケーブル1自体に流れる電流を変流器で検出するように構成できる。この場合も、上述した実施例1～実施例3と同様の作用及び効果が得られる。

【産業上の利用可能性】

【0087】

本発明の絶縁劣化診断装置は、高圧から特別高圧の各種機器のケーブルの絶縁性能評価・絶縁診断・絶縁監視に適用できる。また、絶縁劣化診断装置は、開発における特性評価試験、出荷時の製品検査、運転中機器の絶縁診断・監視に使用できる。

【図面の簡単な説明】

【0088】

【図1】本発明の実施例1に係る絶縁劣化診断装置の構成を示す図である。

【図2】本発明の実施例1及び実施例2に係る電流検出器の周波数特性を示す図である。

【図3】本発明の実施例1に係る絶縁劣化診断装置における第1段フィルタの周波数特性を示す図である。

【図4】本発明の実施例1に係る絶縁劣化診断装置における第2段フィルタの周波数特性を示す図である。

【図5】本発明の実施例1に係る絶縁劣化診断装置における各部の波形を示す図である。

【図6】本発明の実施例1に係る絶縁劣化診断装置における部分放電の放電電流の波形とそれを周波数分析した周波数スペクトラムを示す図である。

【図7】本発明の実施例2に係る絶縁劣化診断装置の構成を示す図である。

【図8】本発明の実施例1及び実施例2に係る絶縁劣化診断装置における第1段フィルタの周波数特性を比較して示す図である。

【図9】本発明の実施例3に係る絶縁劣化診断装置を説明するための図である。

【図10】従来の部分放電測定方法を説明するための図である。

【図11】従来の高圧機器の絶縁劣化診断方法を説明するための図である。

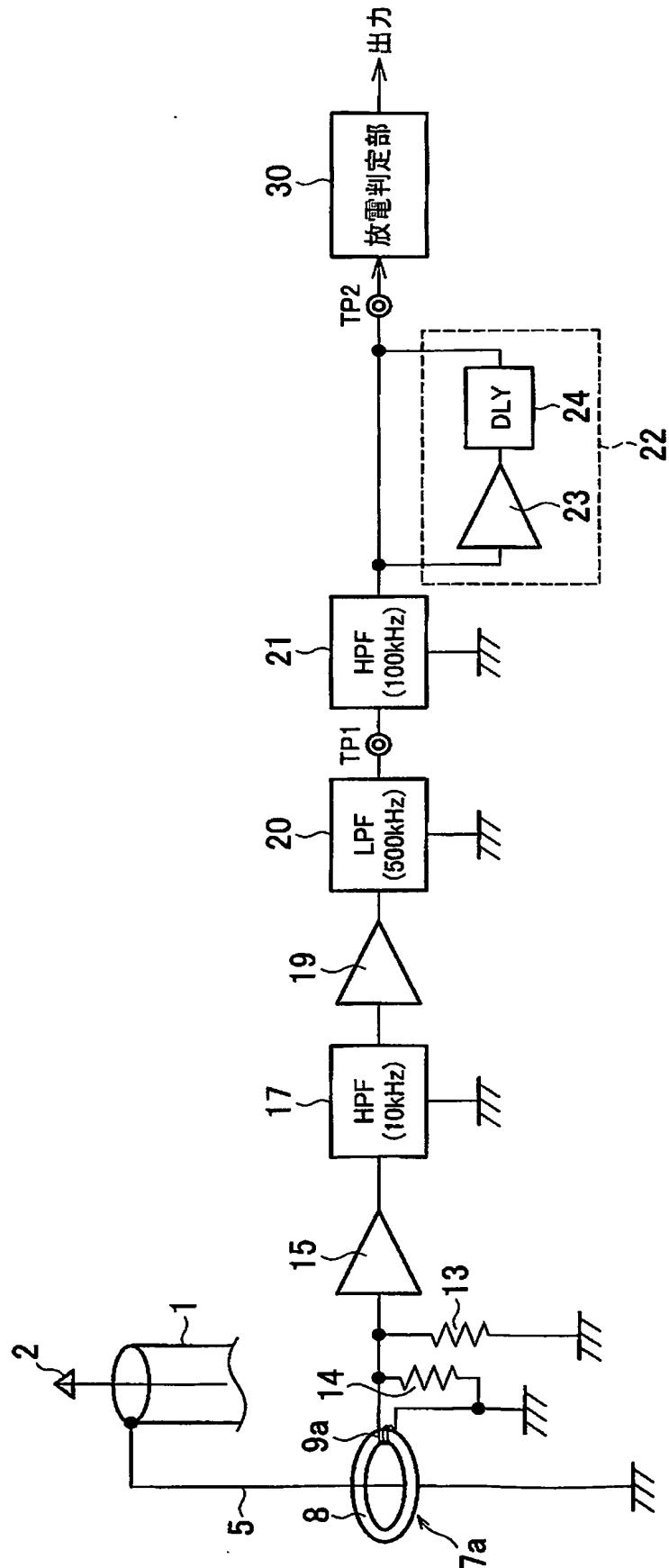
【符号の説明】

【0089】

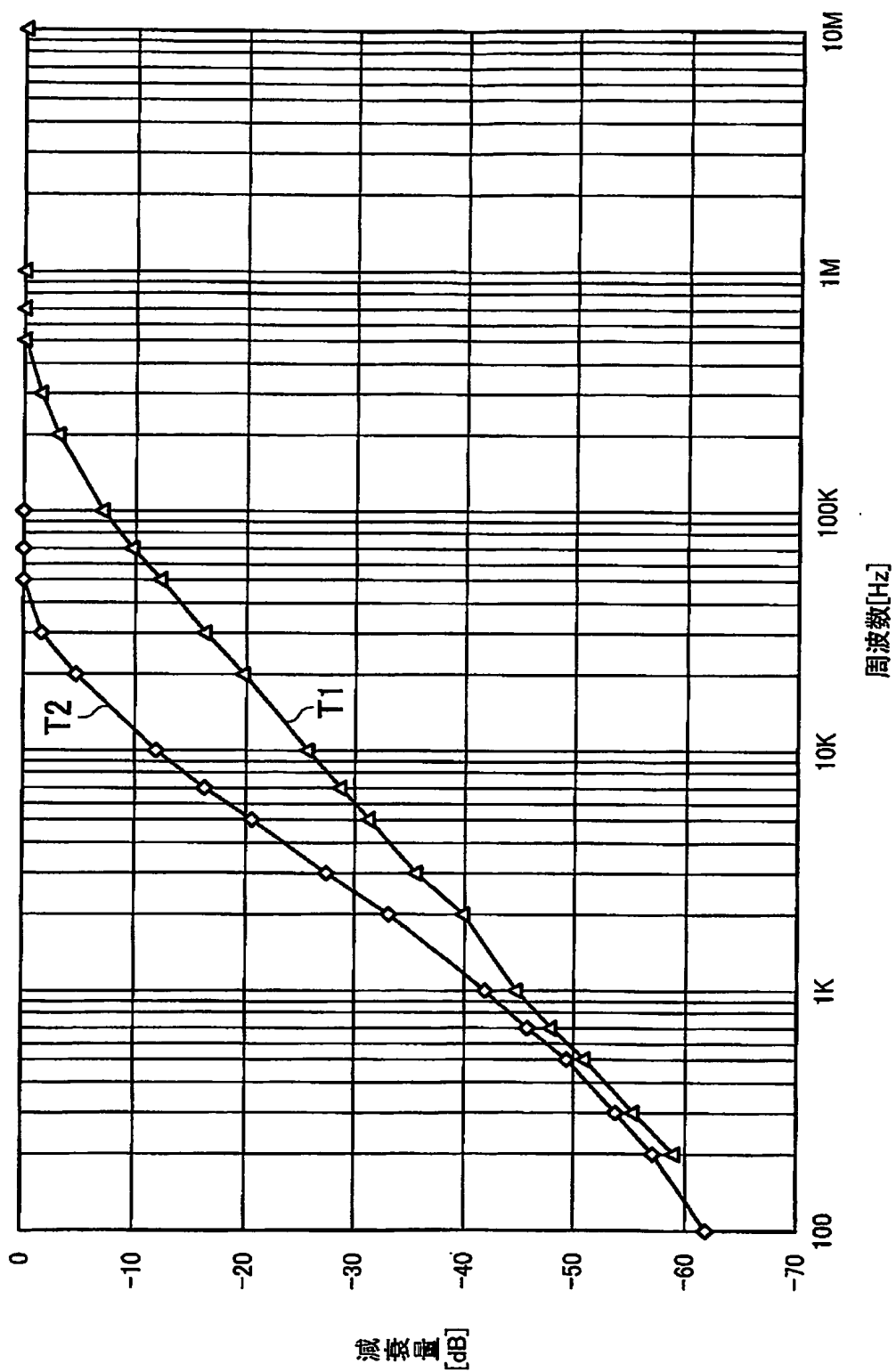
- 1, 1 a ~ 1 c ケーブル
- 2 終端接続部
- 5 接地線
- 7 a, 7 b 変流器 (CT)

- 8 コア
- 9 a 出力巻線
- 9 b 3 次巻線
- 1 3 抵抗
- 1 5 第 1 増幅器
- 1 7 第 1 ハイパスフィルタ
- 1 9 第 2 増幅器
- 2 0 ローパスフィルタ
- 2 1 第 2 ハイパスフィルタ
- 2 2 遅延回路
- 2 3 反転増幅器
- 2 4 遅延素子
- 2 5 打消増幅器
- 3 0 放電判定部

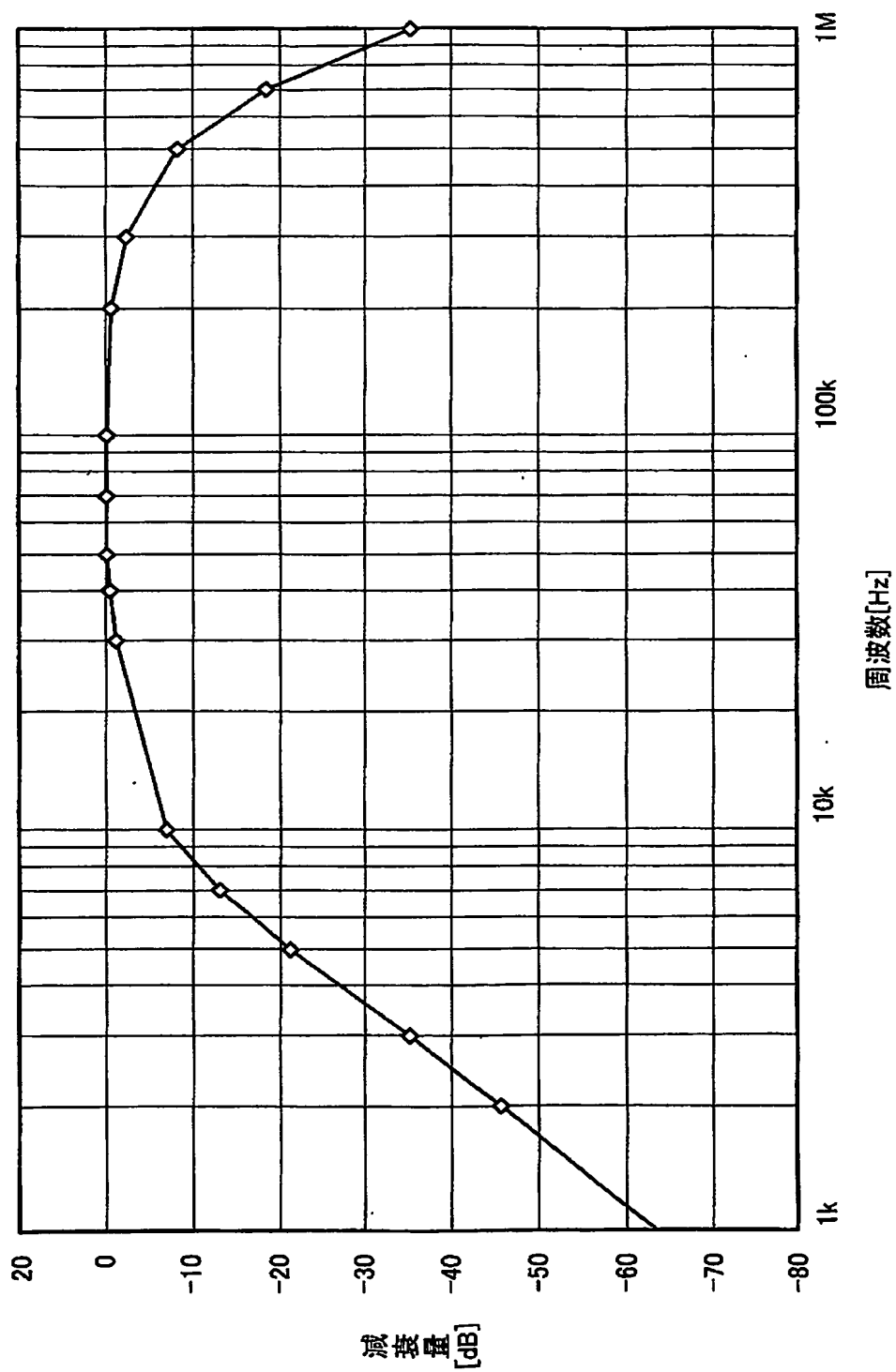
【書類名】 図面
【図 1】



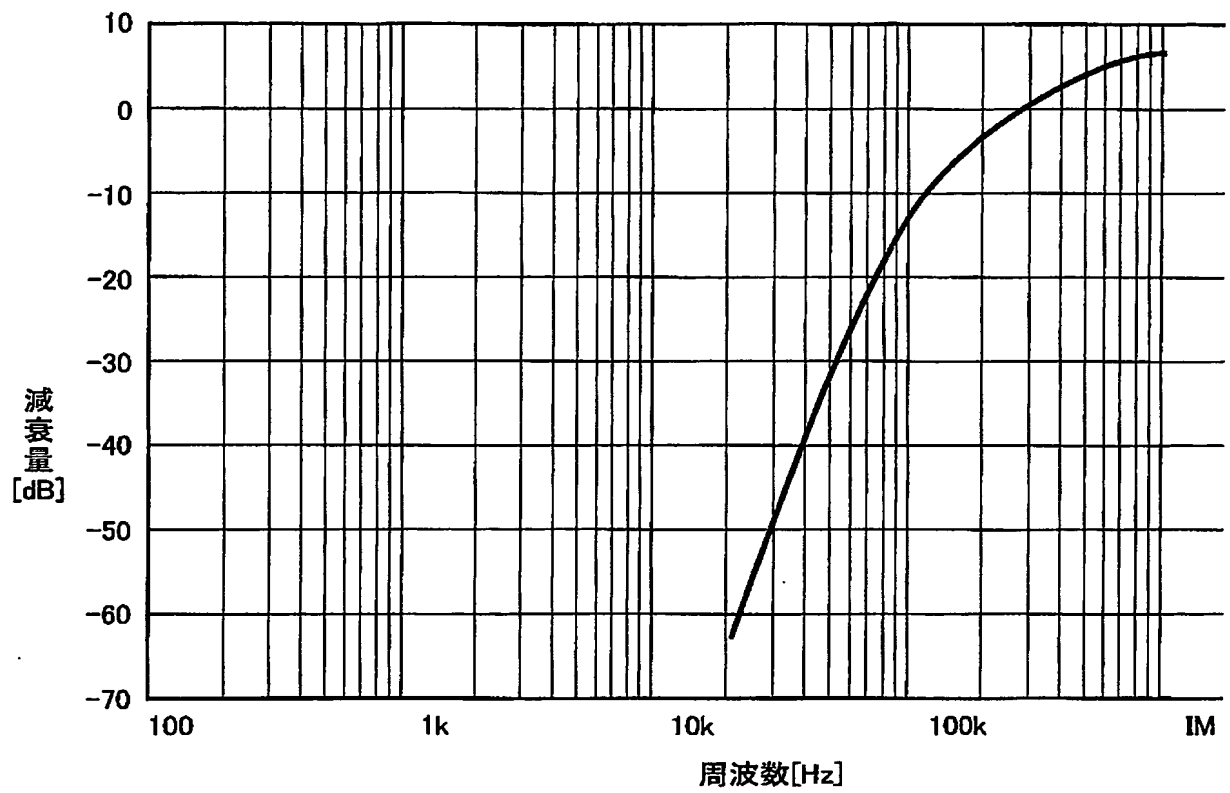
【図 2】



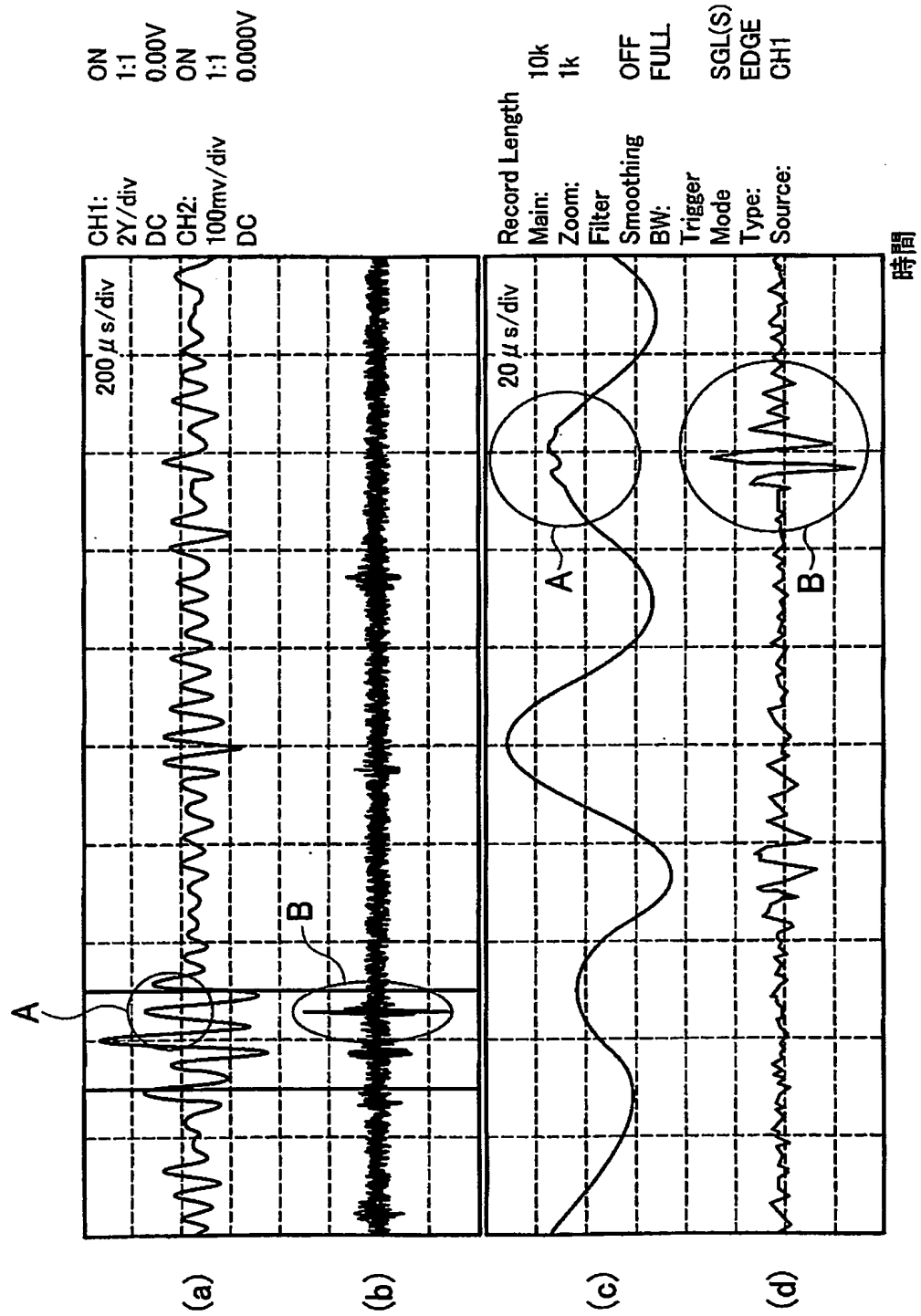
【図 3】



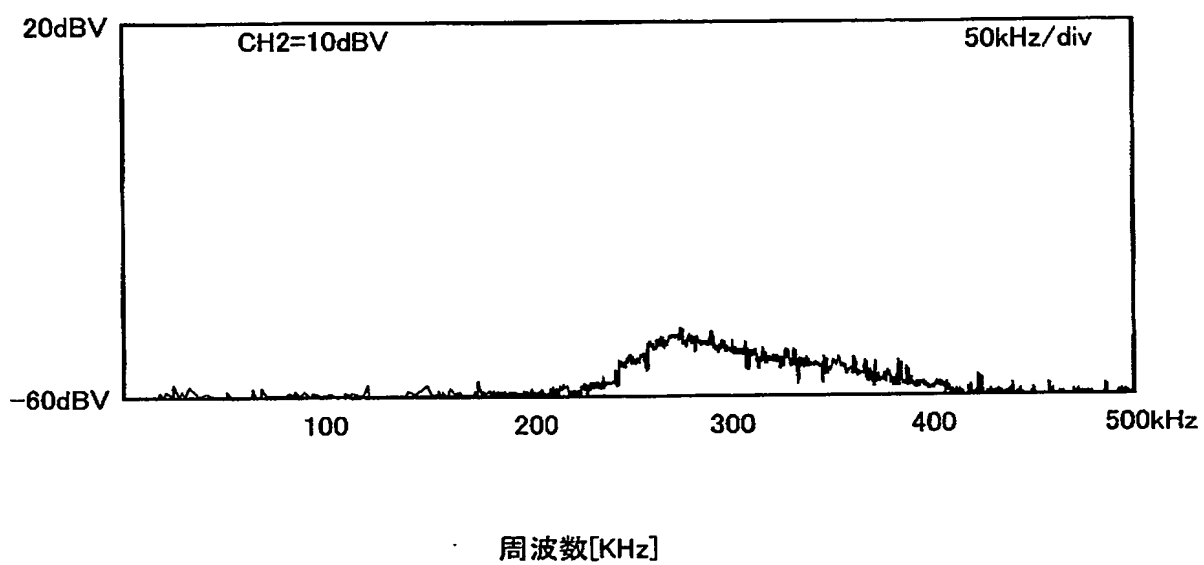
【図 4】



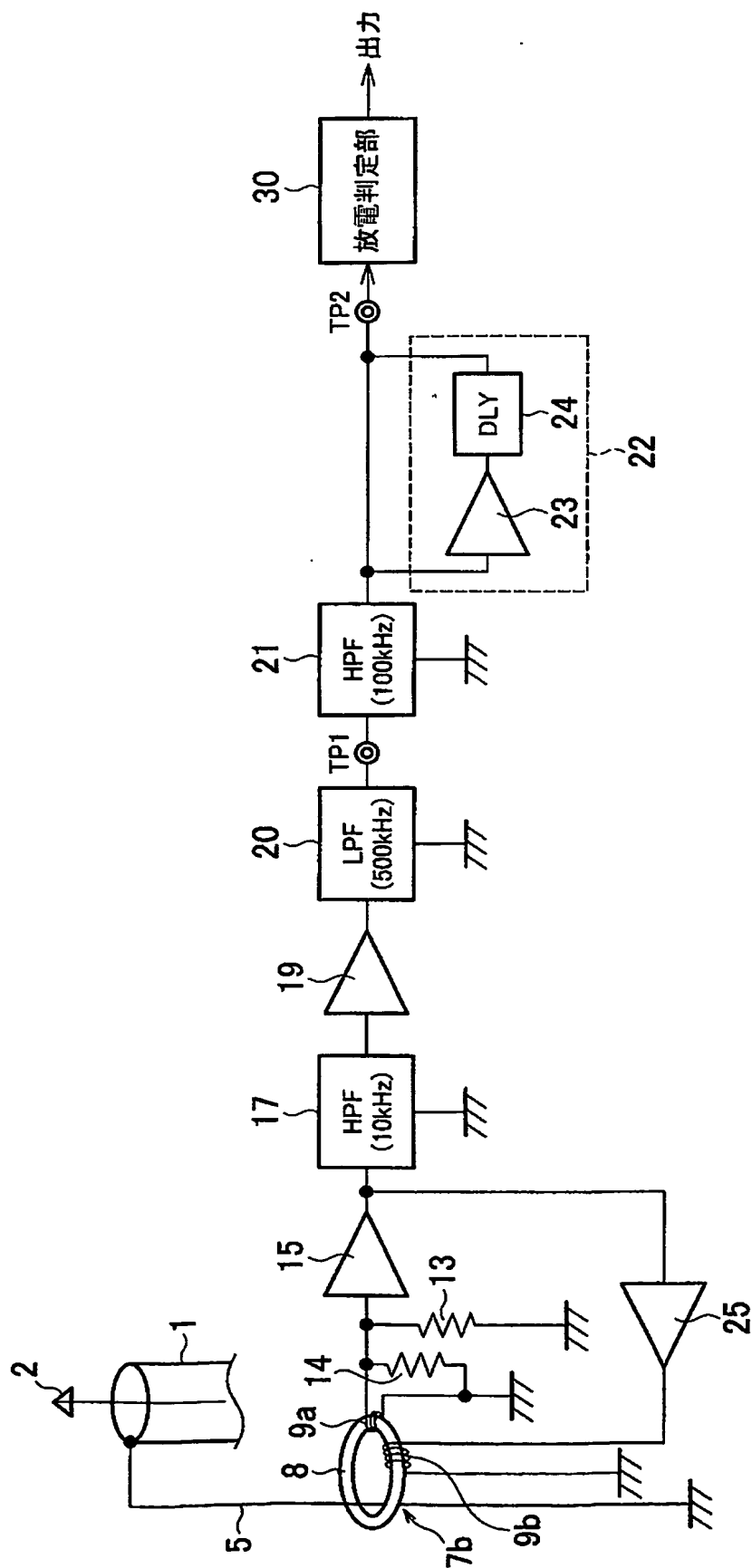
【図 5】



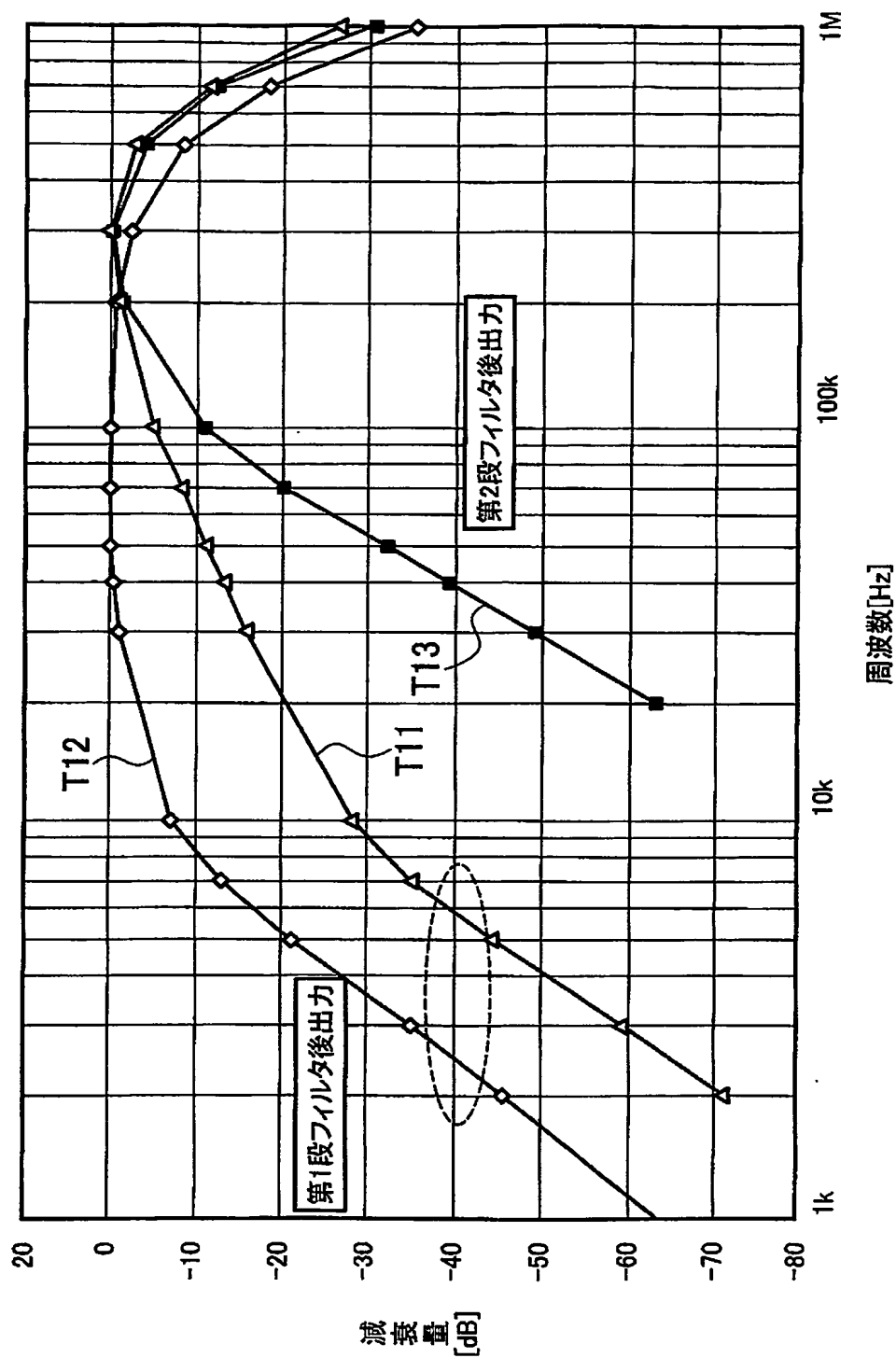
【図 6】



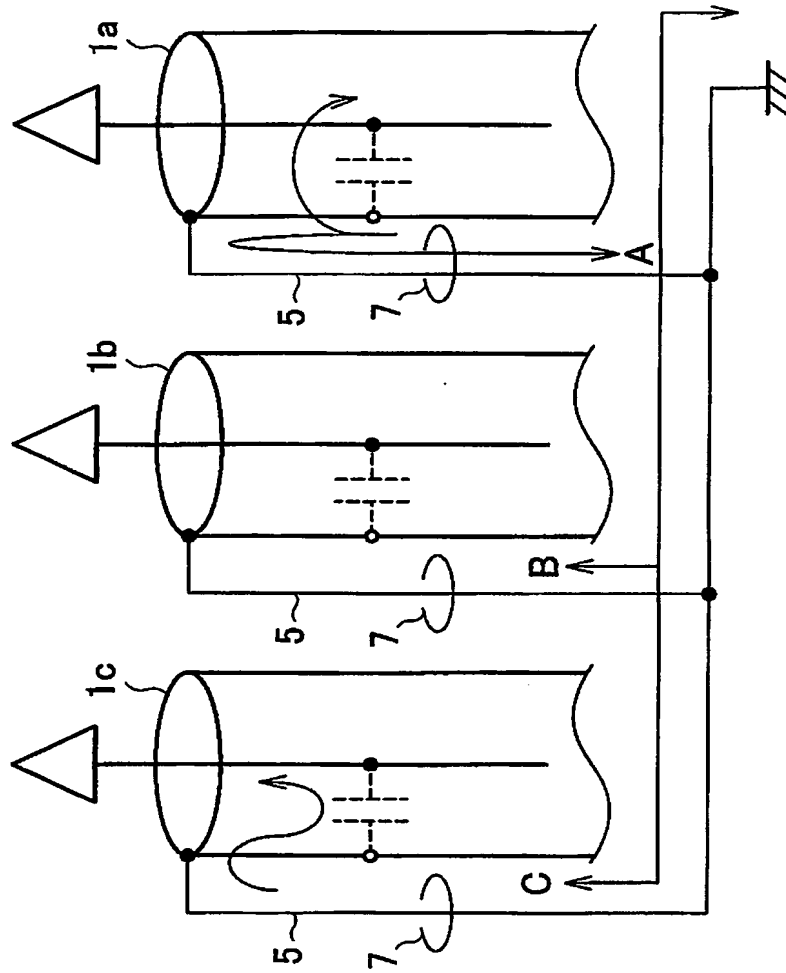
【図 7】



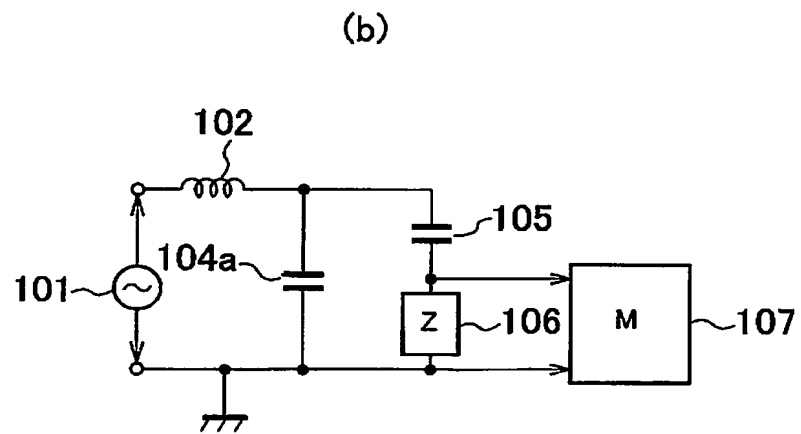
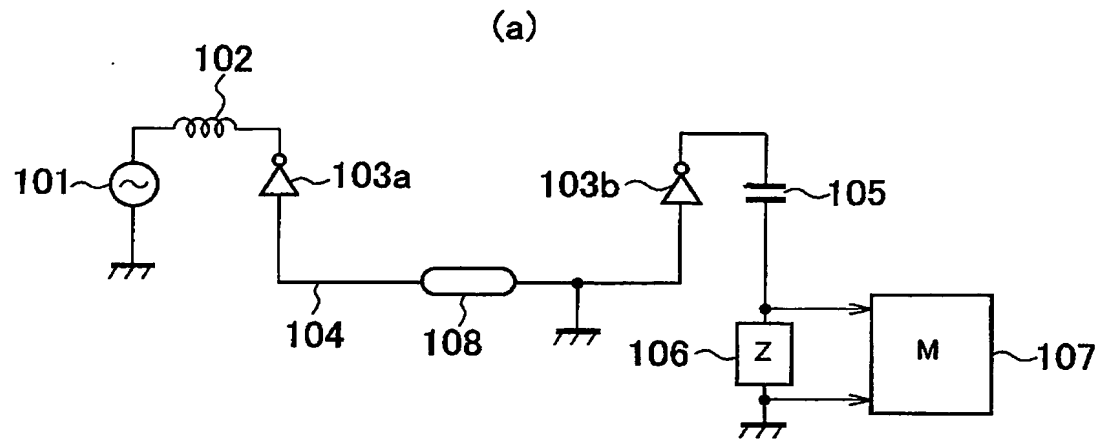
【図 8】



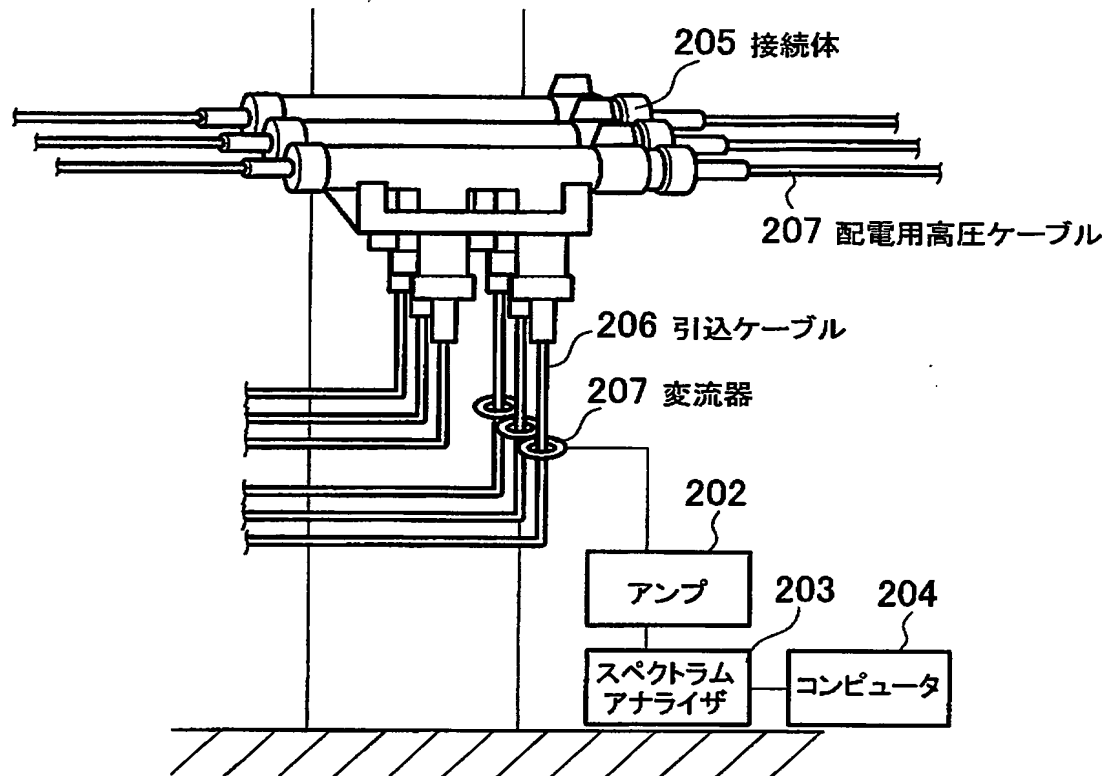
【図 9】



【図 10】



【図 11】



【書類名】要約書

【要約】

【課題】簡単な構成で且つ安価で精度良く活線状態における高圧機器の部分放電を測定できる絶縁劣化診断装置を提供する。

【解決手段】商用周波数において -60 dB 以下の減衰量が得られ且つスロープ特性が -5 dB/oct 以下である周波数特性のフィルタ機能を有し、被測定線1に流れる電流を検出する電流検出器7aと、検出された測定線電流に基づく電流信号から低周波成分を除去する第1ハイパスフィルタ17と、フィルタ17からの電流信号を所定のレベルまで増幅する増幅器19と、増幅された電流信号から高周波成分を除去するローパスフィルタ20と、フィルタ20からの電流信号から被測定線1で発生した部分放電による放電電流の周波数成分を抽出する第2ハイパスフィルタ21と、フィルタ21で抽出された電流信号に基づいて被測定線の部分放電の有無を判定する放電判定部30とを備える。

【選択図】図1

特願 2 0 0 3 - 3 6 2 1 3 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 5 1 8 6]

1. 変更年月日
[変更理由]

住 所
氏 名

1 9 9 2 年 1 0 月 2 日

名称変更

東京都江東区木場 1 丁目 5 番 1 号
株式会社フジクラ